

# Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 2003 00882

Date of filing: 12 June 2003

Applicant:  
(Name and address) LM Glasfiber A/S  
Rolles Møllevej 1  
DK-6640 Lunderskov  
Denmark

Title: Registrering af lynnedslag, herunder i vindenergianlæg

IPC: H 02 G 13/00; F 03 D 11/00; G 01 W 1/16

This is to certify that the attached documents are exact copies of the above mentioned patent application as originally filed.



**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Patent- og Varemærkestyrelsen  
Økonomi- og Erhvervsministeriet

07 July 2004

Susanne Morsing

1

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

**Registrering af lynnedslag, herunder i et vindenergianlæg**

Opfindelsen angår aspekter omkring en metode til registrering af lynnedslag, anvendelse af en sådan metode, et system til praktisering af metoden, prakti-  
5 tisering på et vindenergianlæg samt et egnet modstandselement i samme forbindelse.

Det er almindeligt kendt at udstyre høje bygningsværker som højhuse, skor-  
stene, antenner og vindenergianlæg med lynnedledere. Ved hjælp af disse  
10 lynnedledere kan man sikre, at lynstrømmen ledes til jord på en forsvarlig måde, og uden at konstruktionen skades.

Ved eksempelvis vindmøllevinger kan et lynnedslag opfanges ved hjælp af  
receptorer, hvilket er nærmere beskrevet i fx WO 0079128 og WO 0248546,  
15 som hermed er inkorporeret for reference. Receptorer er i hovedsagen me-  
talliske elementer anbragt strategisk på vingen, og som står i forbindelse  
med en eller flere lynnedlederkabler, via hvilke lynstrømmen nedledes til  
jord.

For at kunne vurdere voldsomheden af et lynnedslag i en vindmøllevinge  
20 kan der i vingen monteres et såkaldt lynregistreringskort af creditcard-  
størrelse, som det kendes fra EP 0 663 598, hvor et magnetfelt skabt af et  
lyn afsætter spor på lynregistreringskortets magnetstrimmel. På denne måde  
kan man aflæse den maksimale lynstrøm, som vingen har været udsat for.

25 For at foretage denne aflæsning er det dog nødvendigt at standse vindener-  
gianlægget og afmontere de pågældende lynregistreringskort, som kan være  
monteret fx indeni hver vindmøllevinge. Lynregistreringskortene kan efterføl-  
gende aflæses ved hjælp af specialudstyr, hvorved lynstrømmens maksimale  
30 værdi på denne måde kan fastslås. Det kan derimod ikke fastslås, hverken  
hvor lang tid lynnedslaget har været, eller hvornår det skete.

Netop lynnedslagets varighed og tidspunktet for det er ønskværdige oplysninger - dels af hensyn til at kunne vurdere risikoen for, at der eventuelt er sket en skade på vingen og dels i forbindelse med forsikringssager vedrørende lynbeskadigede vindmøllevinger.

5

Hvis en lynstrøm af en vis størrelse - eksempelvis 50 kA - udlades over få mikrosekunder, dvs. at lynstrømmen kun er ganske kortvarig, så sker der sandsynligvis ikke nogen skade, idet der ikke når at ske nogen nævneværdig opvarmning af vingen og luften i vingen. Dette antages at hænge sammen med, at når varigheden er kort, så er energimængden naturligvis begrænset. Omvendt vil der ved en mindre lynstrøm på eksempelvis 30 kA, som udlades over et helt sekund, finde en noget kraftigere opvarmning og muligvis beskadigelse af vingen sted. Grunden hertil antages at være udladningstiden, som medfører, at energimængden bliver flere gange større end ved førnævnte kraftigere lyn med kortere varighed.

10

15

Det er kendt at måle lynstrøm og udladningstid ved hjælp af et oscilloskop eller et digitalt optageudstyr, men dette udstyr er dyrt laboratorieudstyr, som endvidere ikke er egnet til montage i eksempelvis en vindmøllevinge.

20

Et udgangspunkt for opfindelsen er at frembringe en sikker og robust metode til registrering af tilstedeværelsen af en lynstrøm, herunder at den har været der, og hvornår den har været der. Et andet udgangspunkt er at frembringe en metode til kvantificering af energimængden i et lynnedslag. Endnu et udgangspunkt er at frembringe et vindenergianlæg, hvori førnævnte metoder kan praktiseres, og hvor lynnedslag kan registreres og energimængden måles. Et yderligere udgangspunkt er at frembringe systemer til bestemmelse af størrelsesordenen af lynnedslag og til registrering af lynnedslag, hvor systemerne kan indbygges midlertidigt eller permanent i et vindenergianlæg, herunder i en vindmøllevinge. Endnu et udgangspunkt er at frembringe et modstandselement, der er egnet til anvendelse ved praktisering af førnævnte

25

30

## 3

te metoder, og som er robust og forholdsvis billigt og kan indbygges i et vindenergianlæg, herunder i en vindmøllevinge.

- 5 Nye aspekter ved en metode ifølge opfindelsen til registrering af mindst et lynnedslag involverer, at metoden omfatter, at lynnedslaget opfanges, og lynstrømmen helt eller delvist ledes igennem mindst en elektrisk modstand, således at denne opvarmes, og at det i det mindste registreres, at modstandens temperatur er eller har været steget. Det kan herved ud fra registreringen i det mindste konstateres, med det samme eller senere, at der er sket et
- 10 lynnedslag.

- I en foretrukket udførelse kan registreringen omfatte, at mindst et kendetegn ved mindst et lynnedslag fastlægges ud fra modstandens temperaturstigning, hvilket kendetegn omfatter energimængden i lynnedslaget fastlagt ud
- 15 fra en måling af størrelsen af temperaturstigningen.

- Opvarmningen af den elektriske modstand, dvs. temperaturstigningen, giver en enkel og sikker måling af energimængden, som samtidig er meget robust, og som derfor er meget velegnet til opgaven. Lynstrømme er normalt kortvarige og har en meget fluktuerende karakter, hvorfor det er vanskeligt og
- 20 kræver dyrt og kompliceret udstyr at følge en lynstrøm i dens varighed og få alle fluktuationerne med for dermed præcist ved integration at kunne beregne sig frem til den udladete energimængde. Ved opfindelsen er det erkendt, at hvis en lynstrøm ledes igennem en passende elektrisk modstand, så vil
- 25 denne "opfange" en andel af energimængden, på samme måde som fx en elektrisk radiator eller ovn, dvs. at modstanden opvarmes af strømmen som en funktion af strømstyrken og varigheden, og dermed af energimængden, hvorfor temperaturstigningen er et direkte udtryk for energimængden i den pågældende lynstrøm. Hermed undgås det også at skulle lede lynstrømmen
- 30 direkte igennem måleudstyret, hvorimod man i stedet kan nøjes med at måle på modstanden, hvilket kan foregå med relativt billigt og enkelt udstyr, fx et

## 4

elektronisk termometer. Som minimum kan metoden anvendes til at konstatere, om der er forskel på energimængden i to lynstrømme.

5 I endnu en foretrukket udførelse kan registreringen omfatte tidspunktet for lynnedslaget fastlagt ud fra en måling af tidspunktet for temperaturstigningen. Derved kan samhørende værdier eksempelvis anvendes til sammenligning med værdier målt af fx offentlige institutioner, som overvåger og registrerer lynnedslag. Ydermere kan informationen om lynnedslaget, og tidspunktet for det, være relevant i forsikringssager.

10 I endnu en foretrukket udførelse foregår fastlæggelsen af energimængden i lynnedslaget ud fra størrelsen af modstandens temperaturstigning ved anvendelse af en på forhånd defineret forholdskoefficient, der definerer forholdet mellem temperaturstigning i den elektriske modstand og energimængden  
15 af strømmen ledt igennem den elektriske modstand. Herved kan man ud fra temperaturstigningen finde frem til den faktiske energimængde og ikke blot se, om en lynstrøm har en større eller mindre energimængde end en anden lynstrøm - og dette uden kompliceret laboratorie-måleudstyr, såsom oscilloskop. Der kan eksempelvis findes frem til en forholdskoefficient ved at  
20 vende et antal simulerede lynnedslag, der har kendte varierende energimængder. Disse simulerede lynnedslag ledes igennem den elektriske modstand, hvorefter de deraf medførte temperaturstigninger i modstanden måles. Herefter anvendes eksempelvis en middelværdi af forholdet mellem temperaturstigningerne i modstanden og de faktiske energimængder til at  
25 fastlægge forholdskoefficienten.

En foretrukket anvendelse af metoden kan omfatte, at metoden praktiseres på et vindenergianlæg, hvor i det mindste målingen af temperaturstigningen anvendes som indikator for vurdering af det potentielle skadesomfang af et  
30 lynnedslag i en vindmøllevinge. Herved opnås, at man, på basis af kendskab til tidligere lynnedslag og deraf afledte skader på vinger, ud fra temperaturstigningen i modstanden kan have en indikation af, om der er sket lynned-

slag i vingen, og i så fald hvilket skadesomfang det har medført. Indikationen kan ligeledes give anledning til, at der iværksættes øjeblikkelig vedligeholdelse, service og/eller reparation, eller om dette kan afvente. Dette åbner mulighed for en besparelse på omkostninger til vedligeholdelse og service, som navnlig ved off shore placerede vindenergianlæg har et betydeligt omfang, men som også ved anden placering naturligvis er relevant.

Nye aspekter ved et vindenergianlæg omfattende midler til nedledning af en lynstrøm til jord, herunder mindst en receptor og mindst en ledningsforbindelse fra receptoren til en eksternt jordforbindelse, involverer, at vindenergianlægget omfatter midler til måling af en temperaturstigning i mindst en elektrisk modstand, hvor modstanden er forbundet til receptoren eller til ledningsforbindelsen på en position imellem receptoren og jordforbindelsen, fortrinsvis ved at være serielt indskudt i ledningsforbindelsen hhv. serielt indskudt imellem ledningsforbindelsen og receptoren eller ved at være inkorporeret i en måleshunt, målebro eller andet parallelt kredsløb forbundet til ledningsforbindelsen eller til receptoren. Herved er den elektriske modstand integreret i anlægget og vil få hele lynstrømmen, eller en på forhånd defineret andel deraf, ledt igennem sig, når eller hvis der sker et lynnedslag i anlægget, og dette opfanges af den mindst ene receptor. Herved kan måling af temperaturstigningen foregå tættest muligt på nedslagsstedet, hvorved der er god sandsynlighed for, at hele lynstrømmen er til stede og således ikke er reduceret ved fx overspring i andre fx ledende emner, hvorved målingen bliver præcis. Temperaturstigningen er bestemt af energimængden i lynstrømmen, jf. ovenstående, og er en indikator, både på at der er sket et lynnedslag, og på om der er risiko for, at anlægget eller dele af anlægget er beskadiget. Receptorer og ledningsforbindelser er ofte anvendt til lynsikring på vindenergianlæg, og indførelsen af modstanden samt midler til måling af en temperaturstigning i en elektrisk modstand og midler til overvågning og registrering af temperaturstigningen er dermed forholdsvis enkle tilpasninger, som er lette at foretage for implementering på anlægget. Implementeringen kan ske både på eksisterende anlæg og på nye anlæg.

## 6

- I en udførelsesform kan modstanden og receptoren være sammenbyggede eller udført i et stykke, hvorved der er kortest mulig afstand mellem nedslagsstedet og stedet hvor temperaturstigningen registreres hhv. måles. Dette mindsker risikoen for, at en del af lynstrømmen kan være afledt ved overspring, før denne når frem til modstanden.
- I en foretrukket udførelsesform kan den mindst ene elektriske modstand fortrinsvis være placeret i mindst en vindmøllevinge på vindenergianlægget. Receptorer for opfangning af lynnedslag er ofte indbygget i vingerne, hvor modstanden også kan komme tæt på nedslagsstedet.
- I en anden foretrukket udførelsesform kan vindenergianlægget omfatte et antal receptorer, hvilke receptorer hver er forbundet til en ekstern jordforbindelse, og at mindst en elektrisk modstand er forbundet til hver receptor eller til ledningsforbindelsen imellem hver receptor og den jordforbindelse, som receptoren er forbundet til, samt at vindenergianlægget omfatter midler til måling af en temperaturstigning i hver elektrisk modstand. Med denne konfiguration kan man aflæse, om et lyn har ramt vingen i én receptor, eller om lynet har ramt flere receptorer. Det er dog ikke særligt sandsynligt, at et lyn under udladning vil have flere fodpunkter/indslagssteder og dermed ramme flere receptorer. Alternativt kan arrangementet anvendes til at fastlægge, hvilken receptor der er ramt af lyn.
- I specifikke udførelsesformer kan vindenergianlægget omfatte midler til fastlæggelse af energimængden i lynnedslaget ud fra størrelsen af temperaturstigningen og fastlæggelse af tidspunktet for lynnedslaget ud fra tidspunktet for temperaturstigningen. Derudover kan vindenergianlægget omfatte midler for lagring af i det mindste en af parametrene omfattende den målte temperaturstigning, den fastlagte energimængde og det fastlagte tidspunkt.

Disse data kan anvendes til at dokumentere, hvor, hvornår og hvor store de respektive energiudladninger fra lynnedslag har været. Det er bl.a. således muligt at opbygge et erfaringsgrundlag for, hvornår en vinge skal kontrolleres for lynskader. Eksempelvis kan man forestille sig, at den del af vingen, som er tættest på vindmøllens nav, kan tåle flere eller større lynnedslag end eksempelvis vingetippen, før det er nødvendigt med et serviceeftersyn. Med en protokol, dvs. lagrede data, over lynnedslag i den pågældende vinge kan man således planlægge servicebesøg mere præcist, ligesom dokumentation overfor et forsikringsselskab også kan foreligge meget præcist.

10

I en yderligere foretrukket udførelsesform kan midler til måling af temperaturstigningen i den elektriske modstand omfatte et elektronisk termometer omfattende et termoelement, hvilket termoelement er placeret i varmeledende kontakt med den elektriske modstand. Et elektronisk termometer er en billig og robust komponent, som fylder forholdsvis lidt og dermed let kan integreres vilkårlige steder på et vindenergianlæg, herunder i en vinge.

15

I endnu en udførelsesform kan midler til måling af temperaturstigningen i den elektriske modstand omfatte en infrarød termoføler hhv. et kamera til infrarød optagelse, midler til måling af en temperaturrelateret modstandsændring i den elektriske modstand, en berøringsfri temperaturføler, en optisk fiber eller anden form for udstyr til måling af en temperaturstigning. Ethvert af de nævnte former for udstyr til måling af temperaturstigning eller temperaturændring er anvendelige for implementering af opfindelsen.

25

I en foretrukket udførelsesform kan mindst den elektriske modstand i det væsentlige være omhyldet med termisk isolerende materiale. Herved sikres, at temperaturstigningen ikke påvirkes af omgivelserne, hvorved målingen bliver mere præcis.

30

I endnu en foretrukket udførelsesform kan vindenergianlægget omfatte midler til overvågning og lagring af registreringer af lynnedslag, herunder op-



- tionsvis også kendetegn ved lynnedslag, hvilke midler kan omfatte en computerenhed placeret i direkte eller trådløs forbindelse med midler til måling af temperaturstigningen, hvilken computerenhed fortrinsvis vil være placeret i eller ved vindenergianlægget, herunder i en vindmøllevinge. Anvendelse af
- 5 en computerenhed bibringer flere fordele, herunder at behandling af målte data, ligesom lagring af data, foregår let, ligesom der opnås mulighed for fra eksternt hold, fx via Internettet, at hente data fra computerenheden, fx til brug ved planlægning af servicebesøg.
- 10 I en yderligere foretrukket udførelsesform kan vindenergianlægget omfatte midler til alarmering eller standsning af vindenergianlægget ved en givet temperaturstigning i modstanden. Dette kan anvendes til forebyggelse af sikkerheden på anlægget.
- 15 I endnu en foretrukket udførelsesform kan vindenergianlægget omfatte midler til afsendelse af en elektronisk besked, hvilken besked kan omfatte data relaterende til temperaturstigningen. Hermed kan fx en ekstern modtager adviseres om, at der er sket et lynnedslag, samt hvor, hvornår og hvor kraftigt det har været.
- 20 I endnu en foretrukket udførelsesform kan vindenergianlægget omfatte midler til registrering af en lynstrøm, herunder et lynregistreringskort omfattende mindst en magnetstrimmel. Herved er det muligt også at få registreret, hvor stor den maksimale lynstrøm har været og ikke blot energimængden.
- 25 Nye aspekter ved et system til anvendelse ved registrering af mindst et lynnedslag, hvilket system omfatter midler til nedledning af en lynstrøm, herunder mindst en receptor og mindst et lynnedlederkabel koblet til receptoren, involverer, at systemet omfatter midler(16) til måling af en temperaturstigning
- 30 i mindst en elektrisk modstand(10), hvor den mindst ene modstand er tilpasset til at være forbundet til lynnedlederkablet eller til receptoren, på en måde således at modstanden vil opvarmes af en lynstrøm. Systemet er hermed

egnet til fastlæggelse af egenskaberne i lynnedslag og kan give en in situ kvantificering af energimængden i lynstrømmen, jf. ovennævnte angående sammenhængen mellem energimængde i lynstrøm og den deraf medførte temperaturstigning i modstanden. Systemet kan således udover sikrings-  
5 aspektet omkring skadelige effekter af lynnedslag ligeledes registrere, at der er sket et lynnedslag.

I en foretrukket udførelsesform kan modstanden være serielt indskudt i ledningsforbindelsen hhv. serielt indskudt imellem ledningsforbindelsen og receptoren, eller være inkorporeret i en måleshunt, målebro eller andet parallelt kredsløb forbundet til ledningsforbindelsen eller en receptor. Herved kan  
10 det vælges at lade hele lynstrømmen, eller blot en på forhånd defineret andel deraf, blive ledt igennem modstanden.

15 Nye aspekter ved et modstandselement tilpasset til ledning af en lynstrøm og opvarmning på grund af en sådan strøm involverer, at modstandselementet i hovedsagen er udformet som et aflangt emne, som ved sine ender har en forøget udstrækning på tværs af sin længdeakse. Derved kan modstandselementet i enderne forsynes med indvendige gevindhuller til fx samle-  
20 muffer til lynnedledningskabel, uden at dette medfører en uønsket nedsættelse af ledningsevnen eller forhøjelse af modstandselementets elektriske modstand. Samtidig haves en begrænset udstrækning på tværs af længderetningen, således at elementet er let at indbygge, da det i denne udformning ikke fylder så meget.

25 I en foretrukket udførelsesform kan modstandselementet i hovedsagen være rotationssymmetrisk omkring sin længdeakse og omfatte en åbning tilpasset for modtagelse af et termoelement. Modstandselementet er således egnet for fremstilling bl.a. ved drejning, hvor der let opnås præcise mål, hvilket er  
30 hensigtsmæssigt for at kunne fremstille flere ens emner, herunder fx som standardemner med meget ensartet elektrisk modstand. Ved placering af termoelementet i en åbning i modstandselementet kan der opnås en god

10

varmeledende kontakt, hvilket er nødvendigt for en præcis måling. Den varmeledende kontakt kan desuden fremmes ved anvendelse af varmeledende pasta.

- 5 I endnu en foretrukket udførelsesform kan modstandselementet i hovedsagen være fremstillet af stål, fortrinsvis rustfast stål. Rustfast stål har en varmeledningsevne, som er forholdsvis ringe sammenlignet med kulstofstål. Modstandselementet kan også være fremstillet af andre elektrisk ledende materialer, såsom eksempelvis tungsten eller kulstof. Rustfast stål er et hensigtsmæssigt valg på grund af sin ringe varmeledningsevne og sin store varmekapacitet, som gør det let at fastholde den afsatte energimængde i modstandselementet, hvorved en meget præcis temperaturlæsning bliver mulig.

- 10  
15 I det følgende beskrives opfindelsen nærmere ved hjælp af figurer, som angiver eksempler på udførelser af opfindelsen, hvor:

Fig. 1 skematisk viser et vindenergianlæg med tre vinger, som er udstyret med receptorer,

20

Fig. 2 viser en udførelsesform af en vindmøllevinge iht. et aspekt af opfindelsen,

Fig. 3 viser en anden udførelsesform af en vindmøllevinge iht. et andet aspekt af opfindelsen, og

25

Fig. 4 viser et modstandselement med påmonteret lynnedlederkabel og et termoelement.

- 30 På Fig. 1 ses et vindenergianlæg 1 af den type, som indenfor branchen kaldes "en vindmølle efter det danske koncept". En sådan mølle 1 omfatter typisk et mølletårn 2, en nacelle 3 med gear og generator (ikke vist) og en ro-

## 11

tor bestående af et nav 4 og tre vindmøllevinger 5. På vingerne 5 er der ved disses yderside placeret receptorer 6, som via et eller flere lynnedlederkabler står i elektrisk forbindelse med jord. Receptorerne 6 er metalelementer, som monteres ved vingens 5 overflade, således at lynet kan opfanges på eller dannes ud for disse specifikke positioner. På den viste vindmølle 1 er der monteret fem receptorer 6 på hver vinge 5, men antallet kan selvfølgelig varieres fra vingetype til vingetype, fx afhængigt af størrelse. Også mølletårnet 2 og/eller nacellen 3 kan være udstyret med midler til opfangelse af lyn.

10

På Fig. 2 ses en vinge 5 med fem receptorer 6 placeret fordelt over vingens længderetning. Disse receptorer 6 er forbundet til den samme hovedlynneleder 7, som typisk udgøres af et kobberkabel eller lignende, som via et system 8 til bestemmelse af størrelsesordenen af energimængden i et eller flere lyn føres videre til jord 9.

15

Med samme konfiguration af receptorer 6, lynnedlederkabel 7 og jordforbindelse 9, dvs. midler til lynsikring, kan systemet 8 ombyttes med et alternativt system, som omfatter midler til registrering af en temperaturstigning i mindst en elektrisk modstand, som via forbindelse med lynnedlederkabel 7 er indskudt imellem mindst en receptor 6 og jordforbindelsen 9, hvorved modstanden vil opvarmes af en lynstrøm hidrørende fra et lynnedslag i en receptor 6. En temperaturstigning udover den sædvanlige svingning over dagen hidrørende fra solopvarmning vil således være en indikation på, at der er sket et lynnedslag.

25

På Fig. 2 ses en udførelsesform af det omtalte system 8 til bestemmelse af størrelsesordenen af energimængden i et lynnedslag. Systemet 8 omfatter et modstandselement 10, der anvendes som en elektrisk modstand, og som er forbundet til lynnedlederkablet 7 og jordforbindelsen 9. Modstandselementet 10 kan i forskellige udførelsesformer være forbundet til receptoren 6 eller til ledningsforbindelsen 7 på en position imellem receptoren 6 og jordforbindel-

30

- sen 9, fortrinsvis ved at være serielt indskudt i ledningsforbindelsen 7 hhv. hhv. serielt indskudt imellem ledningsforbindelsen 7 og receptoren 6, eller ved at være inkorporeret i en ikke vist måleshunt, målebro eller andet parallelt kredsløb forbundet til ledningsforbindelsen 7 eller til receptoren 6. Et lynnedslag i en receptor 6 vil dermed resultere i, at der nedledes en lynstrøm fra receptoren helt eller delvist igennem modstandselementet 10 og videre til jord 9. Når der ledes en elektrisk strøm igennem en modstand, så afsættes energi i form af varme, dvs. at lynstrømmen opvarmer modstandselementet 10. Systemet 8 omfatter desuden ikke viste midler til måling af en temperaturstigning af modstandselementet 10 – et eksempel kan dog ses på Fig. 4 - hvilke midler til måling står i forbindelse med midler til registrering af en temperaturstigning, fx et databehandlingsudstyr 12. Databehandlingsudstyret 12 kan ligeledes omfatte midler til lagring af data, midler til registrering af et tidspunkt, midler til afsendelse af en elektronisk besked – direkte eller trådløst - midler til alarmering, fx ved en bestemt temperaturstigning osv. Systemet 8 kan fortrinsvist være omsluttet af et termisk isoleringsmateriale 11, hvorved opvarmningen af modstandselementet 10 ikke utilsigtet påvirkes af udefrakommende faktorer, således at der opnås en præcis og sikker måling. Ved lynnedslag i en af vingens fem receptorer 6 vil der således kunne aflæses en temperaturstigning i modstandselementet 10, som kan behandles vha. det omtalte databehandlingsudstyr 12, herunder kan omsættes til et udtryk for i det mindste størrelsesordenen af energimængden i en lynstrøm forårsaget af et lynnedslag.
- Fig. 3 viser en variant, hvor hver receptor 6 er i direkte forbindelse med et system til bestemmelse af størrelsesordenen af energimængden i et lynnedslag. Hver receptor er forbundet til et modstandselement 10 og videre forbundet til en jordforbindelse 9. Det er i figuren vist, at hver modstandselement 10 er forbundet – via ikke viste midler til måling af en temperaturstigning – til hver sit dataudstyr 12 (på en måde, som i hovedsagen tilsvarende det ovennævnte mht. systemet 8 på Fig. 2), men systemet kan selvfølgelig også opbygges således, at et centralt placeret dataudstyr 12 kan håndtere input

## 13

fra flere forskellige modstandselementer 10. Endvidere er det ikke krævet, at der skal være et databehandlingsudstyr 12 i hver vinge 5 på et vindenergi-anlæg, idet udstyret kan være placeret i én af de tre vinger 5 eller i mølletår-net eller i nacellen eller på en placering i nærheden af anlægget og derfra  
5 modtage input fra alle målinger af lynnedslag i enhver receptor 6 på enhver af vingerne 5.

Der kan som vist på Fig. 3 være monteret modstandselementer 10 i direkte forbindelse med hver receptor 6 i vingen 5, hvorved der opnås mulighed for  
10 at overvåge den enkelte receptor 6 og for at registrere lynnedslag og deres energimængde nedledt fra den pågældende receptor 6.

Det er endvidere muligt at placere alle modstandselementer 10 samlet i ek-sampelvis vingeroden sammen med det nødvendige databehandlingsudstyr  
15 12. Ved denne løsning føres der fra hver receptor 6 et lynnedlederkabel 7 ned til hver sit modstandselement 10 og derfra videre til jord 9.

Fig. 4 viser en udførelse af et modstandselement 10 ifølge opfindelsen. Modstandselementet 10 er udformet som et rotationssymmetrisk emne med  
20 en øget diameter ved enderne 13, hvilke ender 13 er udformet sådan af hensyn til den valgte terminaltype. Den viste terminaltype er udført som bøs-ninger 14 med udvendigt gevind 15, der er monteret på hvert lynlederkabels 7 ender for samvirkning med og forbindelse til modstandselementet 10 via gevindhuller udformet i modstandselementets ender 13. På denne måde sik-  
25 res tilstrækkelig kontaktflade, så en lynstrøm kan overføres fra kablet 7 til modstandselementet 10, og videre derfra igen, uden at der opstår sammen-svejsning mellem bøsningerne 14 og modstandselementet 10. Det vil stå klart for en fagmand på området, at der kan anvendes andre typer af termi-naler - alt efter præference - til sådanne samlinger.

30

Fig. 4 viser endvidere en måde, hvorpå et termoelement 16 kan fæstnes til modstandselementet 10. Den viste løsning omfatter et hul boret i mod-

standselementet 10 for modtagelse af termoelementet 16. Termoelementet 16 er fikseret med en skrue 17, således at der opstår en klemsamling. Også denne løsning kan udformes på forskellige måder. Det grundlæggende er, at der sikres en god kontakt mellem modstandselementet 10 og termoelementet 16 for varmeoverføring. Denne kontakt kan sikres yderligere ved at anvende en varmeledende pasta i samlingen. Termoelementet 16 kan være forbundet til et ikke vist elektronisk termometer, hvilket termometer kan være forbundet til et databehandlingsudstyr 12, fx en computerenhed. Alternativt kan termoelementet 16 være forbundet direkte til et databehandlingsudstyr 12. Eksempelvis kan termometeret eller computerenheden være indrettet til at overvåge og registrere, at der sker en temperaturstigning fx udover en forudbestemt tærskelværdi.

Med overvågning menes, at der til stadighed holdes øje med, om der sker en temperaturstigning. Med registrering menes, at en temperaturstigning konstateres eller opdages. Med måling af temperaturstigning menes, at størrelsen og/eller ændringen af en parameter findes hhv. bestemmes.

Modstandselementet 10 er her vist med en udvendig termisk isolering 11, som er skematisk angivet med de stiplede markeringer. Denne isolering 11 sikrer en mere præcis registrering af et lyn, idet temperaturdifferencen kan måles mere præcist, når der er en reduceret varmeafgivelse til omgivelserne, ligesom påvirkning fra omgivelserne i det mindste reduceres.

I en hensigtsmæssig udførelsesform af opfindelsen på en vindmøllevinge 5 på et vindenergianlæg 1 anvendes et modstandselement 10, som er rotationssymmetrisk og 200 mm langt, og har en cylindrisk midtersektion med 11,5 mm diameter og har to cylindriske ender med 20 mm diameter, hvilke ender hver har en længde på 50 mm. Hver ende er desuden forsynet med et indvendigt, koncentrisk gevindhul med en dybde på 45 mm med M10 gevind. M10 gevindet passer til standardkabelsko for tilslutning af lynlederkabler 7 fra hhv. en receptor 6 og en jordforblindelse 9, og dybden af gevindet gør, at

kabelskoer kan indføres dybt nok til, at der opnås tilstrækkeligt kontaktareal for overførelse af lynstrømmen. Den større diameter af enderne i midtersektionen er af hensyn til, at de indvendige gevindhuller i enderne ikke skal reducere tværsnitsarealet for meget - ligeledes med henblik på at lede lynstrømmen. Centralt på midten af midtersektionen er der et gennemgående hul med 3 mm diameter til modtagelse af et termoelement 16. Vinkelret på det tværgående hul er der et gevindhul med M3 gevind, hvori der placeres en fikseringsskrue for let fiksering af et termoelement 16. Modstandselementet 10 kan fremstilles af Nirosta® 4301 (X5CrNi 18-10) fra Thyssen Krupp. Et passende valgt termoelement 16 placeres og fastgøres i hullet i modstandselementets 10 midtersektion og forbindes til en analog måleomformer type 231, fra LKM Electronic GmbH i Tyskland, som har den egenskab, at termoelementet 16 er galvanisk adskilt fra elektronikdelen af måleomformeren, hvorved lynstrøm ikke ledes fra modstandselementet 10 over i elektronikdelen. Måleomformerens output er et normsignal på 4 – 20 mA. Måleomformerens udgang tilkobles en computer for viderebehandling af målinger. Måleomformeren og computeren placeres indeni et metalkabinet, der virker som et Faraday bur og beskytter måleomformeren og computeren. Et strømforsyningskabel til måleomformeren og computeren i form af et skærmet kabel eller et kabel trukket i et metalrør fremføres til vingen 5 fra navet 4 og videre langs med lynlederkablet 7. Med førnævnte design af modstandselementet 10 vil der for typiske lynstrømme kunne måles temperaturstigninger op til cirka 400 K.

- 25 - Enheden "mm" er millimeter.
- Enheden "mA" er milli Ampere.
- Enheden "K" er Kelvin.

Udførelsesformerne på Fig. 1-3 angiver implementeringer i forbindelse med moderne vindenergianlæg, men det er naturligvis let for en fagmand at implementere aspekter ved opfindelsen i andre sammenhænge, hvor man øn-



16

sker at registrere lynnedslag hhv. bestemme voldsomheden af lynnedslag, såsom i store maskin- eller fabriksanlæg, bygninger, tårne, broer etc.

- 5 Det må forstås, at opfindelsen, således som denne er omtalt i nærværende beskrivelse og figurer, kan modificeres eller ændres og fortsat være omfattet af beskyttelsesomfanget af de nedenstående patentkrav.

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

17

12 JUNI 2003

Modtaget

**Patentkrav**

- 5 1. En metode til registrering af mindst et lynnedslag, **kendetegnet ved**, at metoden omfatter, at lynnedslaget opfanges, og lynstrømmen helt eller delvist ledes igennem mindst en elektrisk modstand(10), således at denne opvarmes, og at det i det mindste registreres, at modstandens temperatur er eller har været steget.
- 10 2. En metode ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at mindst et kendetegn ved mindst et lynnedslag fastlægges ud fra modstandens temperaturstigning, hvilket kendetegn omfatter energimængden i lynnedslaget fastlagt ud fra en måling af størrelsen af temperaturstigningen.
- 15 3. En metode ifølge krav 1 eller 2, **kendetegnet ved**, at tidspunktet for lynnedslaget fastlægges ud fra en måling af tidspunktet for temperaturstigningen.
- 20 4. En metode ifølge krav 2-3, **kendetegnet ved**, at fastlæggelsen af energimængden i lynnedslaget, ud fra størrelsen af modstandens temperaturstigning, foregår ved anvendelse af en på forhånd beregnet eller målt forholds-koefficient, der definerer forholdet mellem en temperaturstigning i den elektriske modstand(10) og energimængden af strømmen ledt igennem den elektriske modstand.
- 25 5. Anvendelse af en metode ifølge krav 2-4, **kendetegnet ved**, at metoden anvendes til fastlæggelse af kendetegn ved mindst et lynnedslag i et vind-energianlæg(1) omfattende en vindmøllevinge(5), hvor nævnte kendetegn anvendes som indikator for vurdering af det potentielle skadesomfang af et lynnedslag i vindmøllevingen(5).
- 30 6. Et vindenergianlæg(1) omfattende midler til nedledning af en lynstrøm til jord, herunder mindst en receptor(6) og mindst en ledningsforbindelse(7) fra

- receptoren til en ekstern jordforbindelse(9), **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler(16) til måling af en temperaturstigning i mindst en elektrisk modstand(10), hvor modstanden er forbundet til receptoren eller til ledningsforbindelsen(7) på en position imellem receptoren og jordforbindelsen, fortrinsvis ved at være serielt indskudt i ledningsforbindelsen hhv. hhv. serielt indskudt imellem ledningsforbindelsen og receptoren, eller ved at være inkorporeret i en måleshunt, målebro eller andet parallelt kredsløb forbundet til ledningsforbindelsen eller til receptoren.
- 5
- 10 7. Et vindenergianlæg(1) ifølge krav 6, **kendetegnet ved**, at modstanden(10) og receptoren(6) er sammenbyggede eller udført i et stykke.
8. Et vindenergianlæg(1) ifølge krav 6 eller 7, **kendetegnet ved**, at den mindst ene elektriske modstand(10) fortrinsvis er placeret i en vindmøllevinge(5) på vindenergianlægget(1).
- 15
9. Et vindenergianlæg(1) ifølge krav 6-8, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter et antal receptorer(6), hvilke receptorer hver er forbundet til en ekstern jordforbindelse(9), og at mindst en elektrisk modstand(10) er forbundet til hver receptor eller til en ledningsforbindelse(7) imellem hver receptor og den jordforbindelse, som receptoren er forbundet til, samt at vindenergianlægget omfatter midler til måling(16) af en temperaturstigning i hver elektrisk modstand.
- 20
- 25 10. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6-9, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler til fastlæggelse af energimængden i lynnedslaget ud fra størrelsen af temperaturstigningen.
11. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 10, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler til fastlæggelse af tidspunktet for lynnedslaget ud fra tidspunktet for temperaturstigningen.
- 30

12. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 9 - 11, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler for lagring af i det mindste en af parametrene omfattende den målte temperaturstigning, den fastlagte energimængde og det fastlagte tidspunkt.

5

13. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 9 - 12, **kendetegnet ved**, at midler til måling(16) af temperaturstigningen i den elektriske modstand(10) omfatter et elektronisk termometer omfattende et termoelement(16), hvilket termoelement er placeret i varmeledende kontakt med den elektriske modstand.

10

14. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 9 - 13, **kendetegnet ved**, at midler til måling af temperaturstigningen i den elektriske modstand(10) omfatter en infrarød termoføler hhv. et kamera til infrarød optagelse, midler til måling af en temperaturrelateret modstandsændring i den elektriske modstand, en berøringsfri temperaturføler, en optisk fiber eller anden form for udstyr til måling af en temperaturstigning.

15

15. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 14, **kendetegnet ved**, at mindst den elektriske modstand(10) i det væsentlige er omhyldet med termisk isolerende materiale(11).

20

16. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 15, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler(12) til overvågning og lagring af registreringer af lynnedslag, herunder optionsvis også kendetegn ved lynnedslag, hvilke midler omfatter en computerenhed placeret i direkte eller trådløs forbindelse med midler(16) til måling af temperaturstigningen, hvilken computerenhed fortrinsvis er placeret i eller ved vindenergianlægget, herunder i en vindmøllevinge(5).

25

30

17. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 16, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler til alarmering eller standsning af vindenergianlægget ved en givet temperaturstigning i modstanden(10).
- 5 18. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 17, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler til afsendelse af en elektronisk besked, hvilken besked omfatter data relaterende til temperaturstigningen.
- 10 19. Et vindenergianlæg(1) ifølge ethvert af kravene 6 - 18, **kendetegnet ved**, at vindenergianlægget omfatter midler til registrering af en lynstrøm, herunder et lynregistreringskort omfattende mindst en magnetstrimmel.
- 15 20. Et system(8) til anvendelse ved registrering af mindst et lynnedslag, hvilket system omfatter midler til nedledning af en lynstrøm, herunder mindst en receptor(6) og mindst et lynnedlederkabel(7) koblet til receptoren, **kendetegnet ved**, at systemet omfatter midler(16) til måling af en temperaturstigning i mindst en elektrisk modstand(10), hvor den mindst ene modstand er tilpasset til at være forbundet til lynnedlederkablet eller til receptoren, hhv. være indskudt imellem ledningsforbindelsen og receptoren, på en måde således at modstanden vil opvarmes af en lynstrøm.
- 20 21. Et system(8) ifølge krav 20, **kendetegnet ved**, at modstanden(10) er serielt indskudt i ledningsforbindelsen(7) hhv. serielt indskudt imellem ledningsforbindelsen og receptoren, eller er inkorporeret i en måleshunt, målebro eller andet parallelt kredsløb forbundet til ledningsforbindelsen eller en receptor(6).
- 25 22. Et modstandselement(10) tilpasset til ledning af en lynstrøm og opvarmning på grund af en sådan strøm, **kendetegnet ved**, at modstandselementet i hovedsagen er udformet som et aflangt emne, som ved sine ender(13) har en forøget udstrækning på tværs af sin længdeakse.
- 30

21

23. Et modstandselement(10) ifølge krav 22, **kendetegnet ved**, at modstandselementet i hovedsagen er rotationssymmetrisk omkring sin længdeakse og omfatter en åbning tilpasset for modtagelse af et termoelement(16).

- 5 24. Et modstandselement(10) ifølge krav 22 eller 23, **kendetegnet ved**, at modstandselementet i hovedsagen er fremstillet af stål, fortrinsvis rustfast stål.

22

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

**Sammendrag****Registrering af lynnedslag, herunder i et vindenergianlæg**

- 5 Opfindelsen angår aspekter omkring en metode til registrering af lynnedslag, anvendelse af en sådan metode, et system til praktisering af metoden, praktisering på et vindenergianlæg samt et egnet modstandselement i samme forbindelse. Nye aspekter ved en metode ifølge opfindelsen til registrering af lynnedslag involverer, at metoden omfatter, at lynnedslaget opfanges, og
- 10 lynstrømmen helt eller delvist ledes igennem mindst en elektrisk modstand(10), således at denne opvarmes, og at det i det mindste registreres, at modstandens temperatur er eller har været steget. Opvarmningen af den elektriske modstand, dvs. temperaturstigningen, giver en enkel og sikker registrering. Dette kan udvides til også at omfatte måling af energimængden
- 15 i lynstrømmen på en meget robust og derfor også meget velegnet måde til opgaven. Ved opfindelsen er det erkendt, at hvis en lynstrøm ledes igennem en passende elektrisk modstand, så vil denne "opfange" en andel af energimængden på samme måde som fx en elektrisk radiator eller ovn, dvs. at modstanden opvarmes af strømmen som en funktion af strømstyrken og varigheden og dermed af energimængden.
- 20

(Fig. 2)

1/4

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

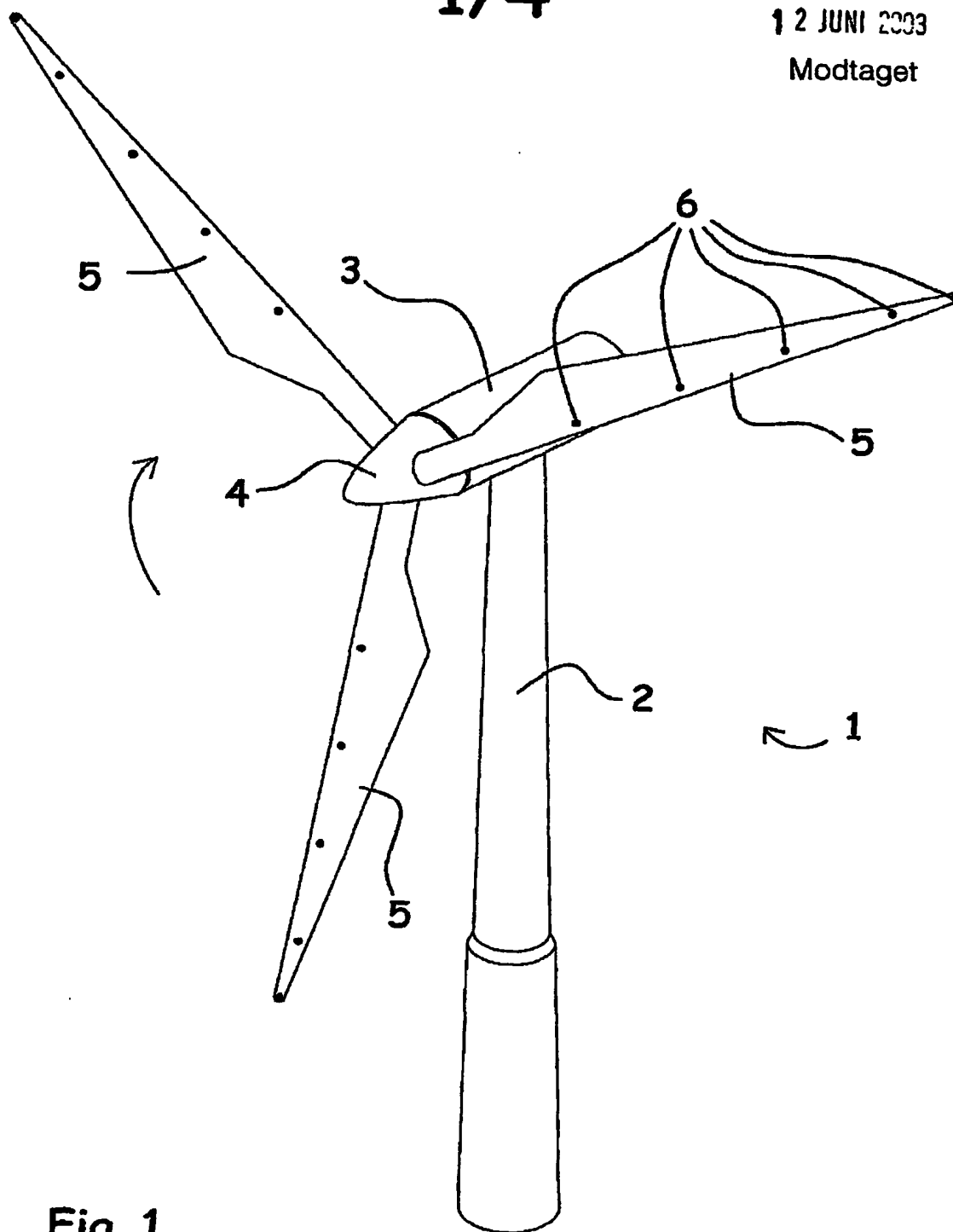


Fig. 1



Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

2/4

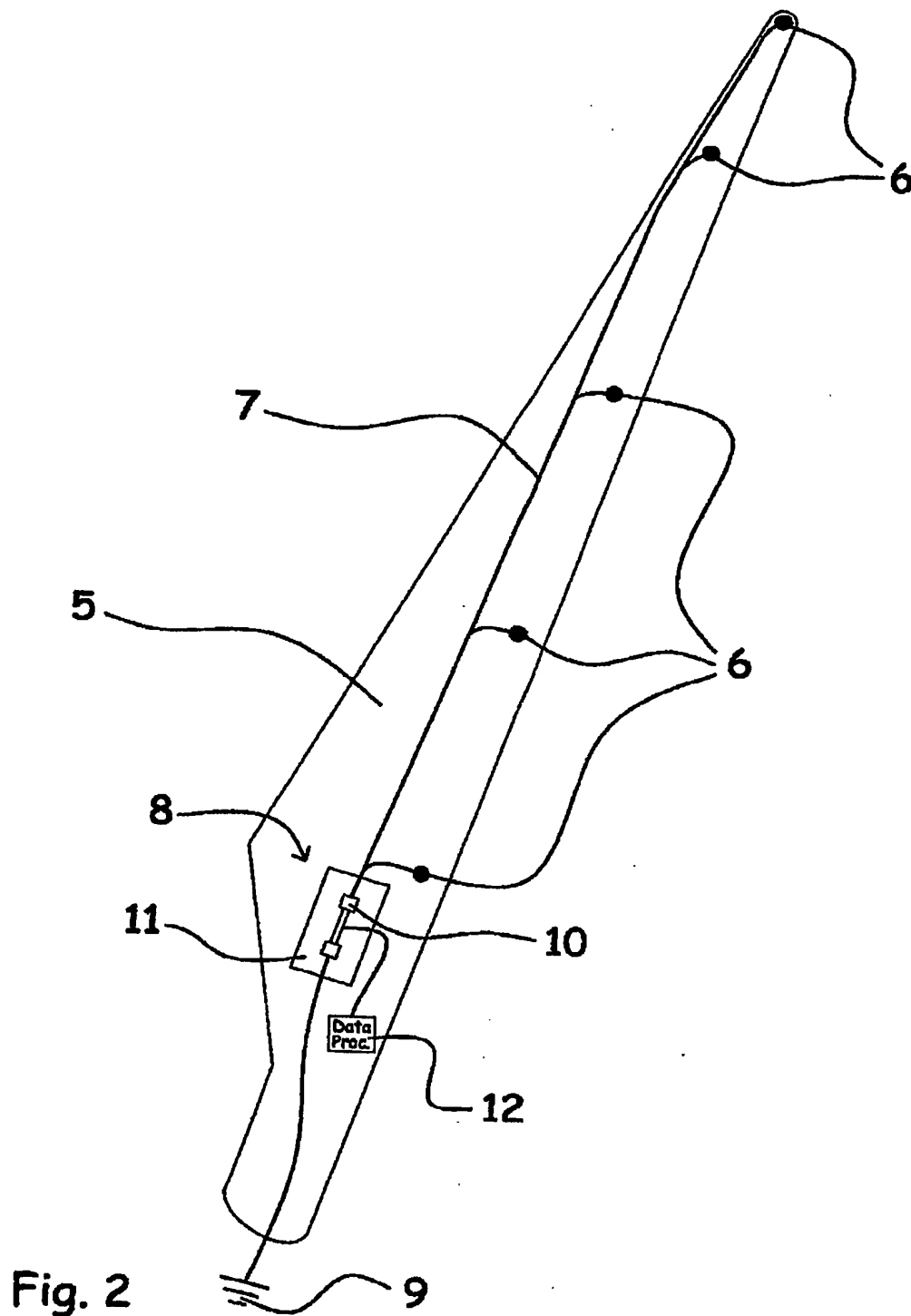


Fig. 2

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

3/4

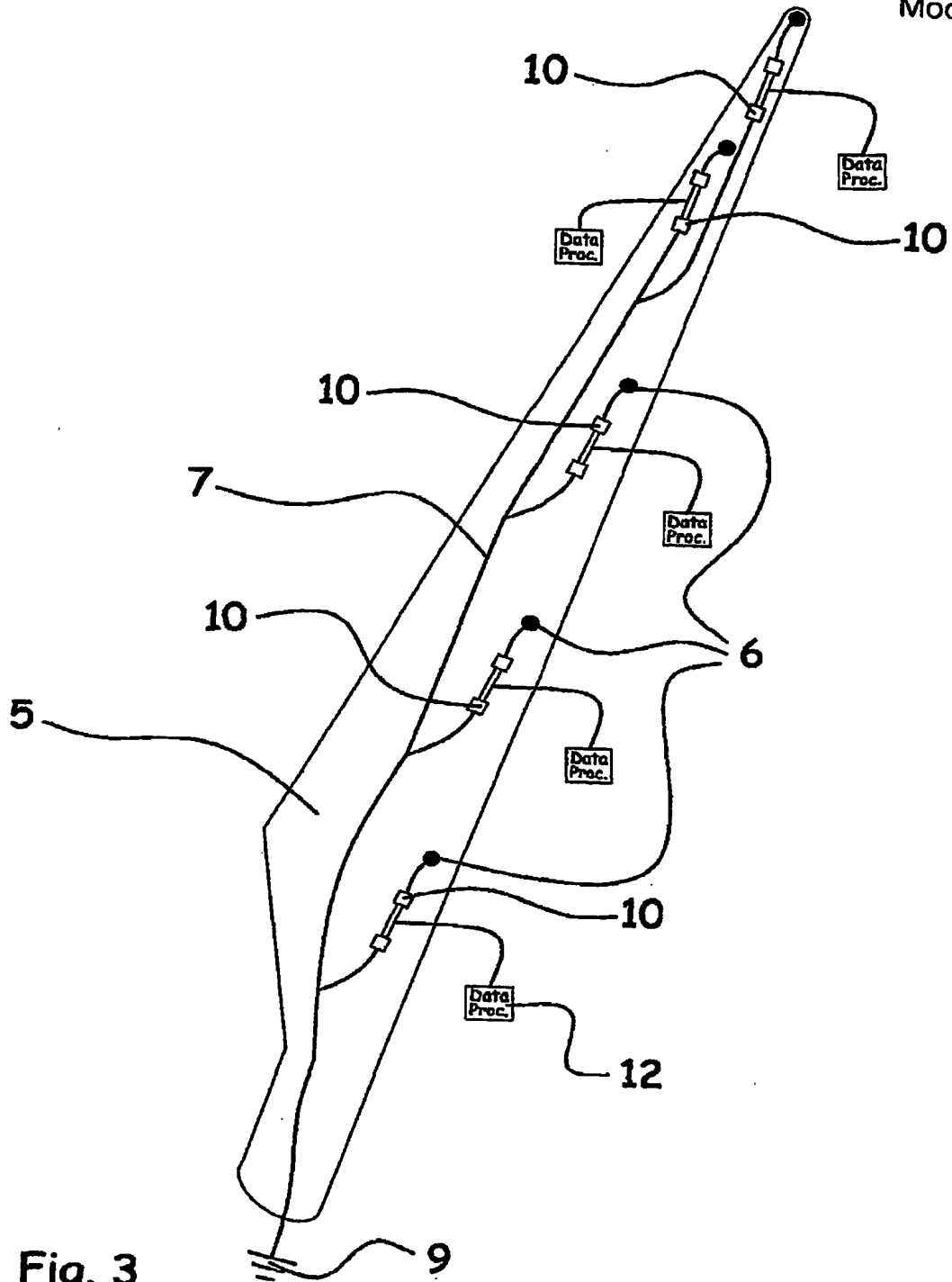


Fig. 3

4/4

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

12 JUNI 2003

Modtaget

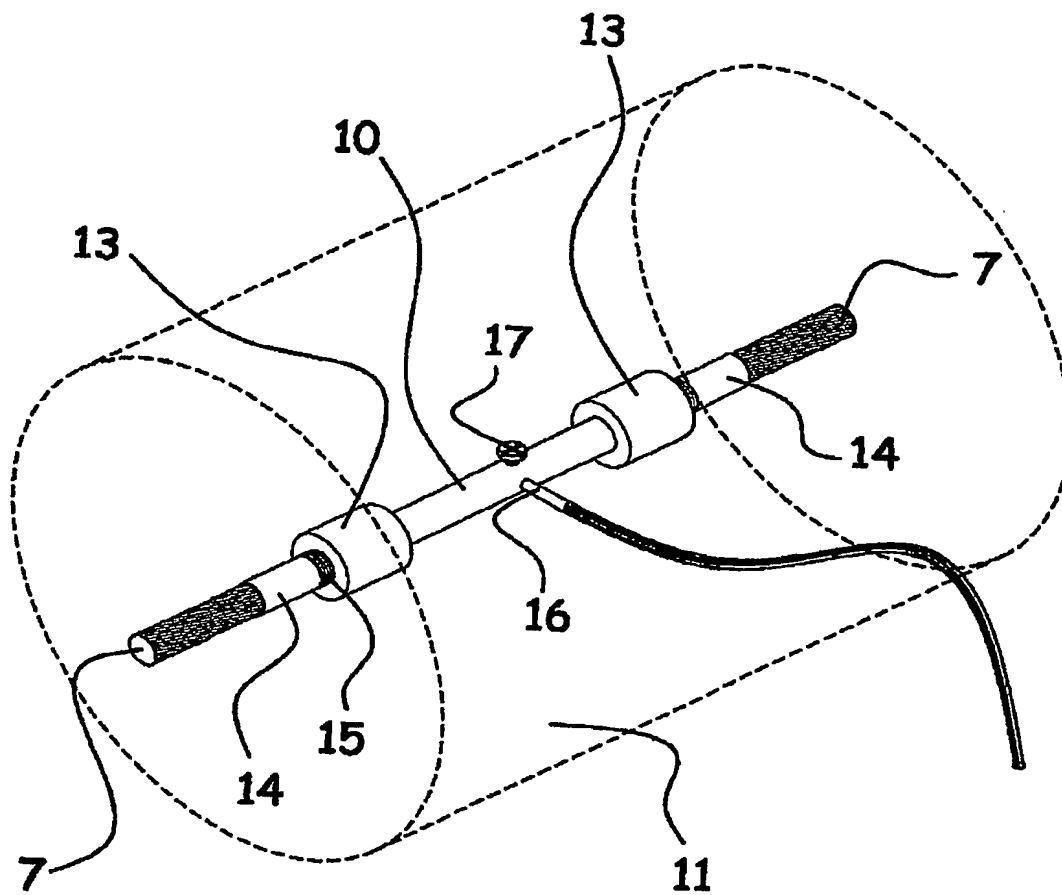


Fig. 4